



ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
ОСНОВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

119071, Москва, Ленинский пр-т, д. 33, стр. 2
Тел. +7 (495) 954-52-83, факс (495) 954-27-32
www.fbras.ru, info@fbras.ru

31 АВГ 2026

№ 85-09-19/976

На №

от

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального
исследовательского центра
«Фундаментальные
основы биотехнологии»
Российской академии наук
д. б. н. Федоров А. Н.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные
основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН)
по диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по научной специальности 1.5.4. Биохимия «Исследование фотохимических свойств
водорастворимых хлорофилл-связывающих белков семейства WSCP»,
выполненной Обуховым Юрием Николаевичем.

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата биологических наук по научной специальности 1.5.4. Биохимия «Исследование фотохимических свойств водорастворимых хлорофилл-связывающих белков семейства WSCP» выполнена Обуховым Юрием Николаевичем в Институте биохимии им. А.Н. Баха ФИЦ Биотехнологии РАН в лаборатории экологической и эволюционной биохимии.

С 2012 по 2016 гг. Обухов Ю.Н. обучался в очном бакалавриате Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» по направлению 06.03.01 «Биология» и программе «Биология» на кафедре биохимии.

Обухов Ю.Н. с 2016 по 2018 год обучался в очной магистратуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» по направлению 06.04.01 «Биология» и программе «Фундаментальная и прикладная биология» на кафедре молекулярной биологии.

С 2018 по 2022 гг. Обухов Ю.Н. обучался в очной аспирантуре ФИЦ Биотехнологии РАН с присвоением в 2022 году квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» (Диплом об окончании аспирантуры № 107705 0013389).

С 2018 года по настоящее время работает в Институте биохимии им. А.Н. Баха ФИЦ Биотехнологии РАН в должности младшего научного сотрудника в лаборатории экологической и эволюционной биохимии (зав. лабораторией к.б.н. Дерябина Ю.И.).

Научный руководитель – Крицкий Михаил Сергеевич, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории экологической и эволюционной биохимии Института биохимии имени А.Н. Баха ФИЦ Биотехнологии РАН.

По результатам рассмотрения диссертации «Исследование фотохимических свойств водорастворимых хлорофилл-связывающих белков семейства WSCP» принято следующее заключение:

Актуальность работы

Белки семейства WSCP (Water Soluble Chlorophyll-binding Proteins) представляют собой водорастворимые растительные белки, которые связывают хлорофилл, но не локализованы в хлоропластах и не участвуют в процессе фотосинтеза. Белки семейства WSCP подразделяют на два филогенетически неродственных и структурно различных класса - класс I и класс II. Функции белков семейства WSCP в организмах не вполне ясны и, вероятно, связаны с функционированием антистрессовых систем.

В структуре белков WSCP класса II, обнаруженных только в растениях семейства *Brassicaceae*, связанные внутри гидрофобной зоны белкового матрикса молекулы хлорофилла организованы в виде двух симметричных димеров. Такая организация молекул пигмента проявляет конвергентное сходство с димерной упаковкой хлорофилла (бактериохлорофилла) в так называемой «специальной паре» реакционных центров фотосистем фототрофных организмов (фотохимическая активность которой широко известна). В литературе отсутствовали сведения о наличии у белков WSCP класса II фотохимической активности. Анализ способности димеров хлорофилла в холобелках фотохимической активности позволил бы пролить свет на функциональные роли данных белков в антистрессовых ответах растений, создать новые модели для исследования проблем фотобиохимической эволюции, а также помочь в конструировании средств фотодинамической терапии.

Научная новизна и ценность результатов, полученных лично автором в ходе научного исследования

В данной работе в фемтосекундном временном интервале после возбуждения светом холобелков BoWSCP показан отток энергии возбуждения в них на протекание сверхбыстрой фотохимической реакции между связанным хлорофиллом и одним из остатков триптофана в его аминокислотном окружении. Впервые экспериментально продемонстрировано наличие у холобелков WSCP-II фотохимической активности, проявляющейся в индукции димерами хлорофилла в составе холобелков WSCP фотопроцессов окисления доноров (NADH и аскорбата) и восстановления акцептора электрона (цитохром *c*). Изучение механизмов этих фотохимических реакций в данной работе показало, что фотоиндуцированное холобелками WSCP окисление NADH и аскорбата происходит через генерацию хлорофиллом синглетного кислорода, а восстановление цитохрома *c* – через образование супероксидного анион-радикала. Показана устойчивость структуры холобелка и хромофорной группы WSCP-II к процессам сенсibilизации ими фотохимических реакций, к действию светового излучения, а также к изменениям температуры и значения pH среды.

Конкретное личное участие автора в получении результатов

Представленные в диссертации экспериментальные данные получены либо автором лично, либо при его непосредственном взаимодействии с коллегами, включая планирование и проведения эксперимента, обработку результатов, оформление и публикацию результатов. Обсуждение, обобщение и интерпретация некоторых экспериментальных данных, формулировка основных положений диссертации, составляющих ее новизну и практическую значимость, формирование цели, задач, выводов и обсуждение результатов проводилось совместно с научным руководителем и другими соавторами научных работ.

Научно-практическое значение

Теоретическая значимость работы заключается в экспериментальной демонстрации фотохимической активности пигмент-белковых комплексов WSCP-II в виде фотосенсibilизации ими окислительно-восстановительных реакций с участием активных

форм кислорода и других экзогенных молекул. Такая демонстрация вносит вклад в понимание физиологических антистрессовых функций данной группы белков. Практическая значимость работы заключается в создании предпосылок к использованию холобелков WSCP-II для конструирования фотокатализаторов, биотехнологических препаратов, а также средств для фотодинамической терапии.

Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Представленная Обуховым Ю. Н. диссертационная работа, фотохимических свойств водорастворимых хлорофилл-связывающих белков семейства WSCP, соответствует специальности 1.5.4 Биохимия, по которой она рекомендуется к защите.

Апробация работы. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени

По теме диссертации было опубликовано 5 статей в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий ВАК. По теме диссертации были опубликовано 11 тезисов в материалах научных конференций.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Статьи в международных рецензируемых журналах

- 1) Малеева Ю.В., Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Крицкий М.С. Водорастворимые хлорофиллсвязывающие белки растений: структура, свойства и функции // Молекулярная биология. – 2019. – Т. 53. – №. 6. – С. 998-1011. DOI: 10.1134/S0026898419060120
- 2) **Обухов Ю.Н.**, Неверов К.В., Малеева Ю.В., Крицкий, М.С. Димеры хлорофилла *a* в составе водорастворимого белка BoWSCP фотосенсибилизируют восстановление цитохрома *c* // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. - 2023. - Т. 509. - №1. - С. 191-195. DOI: 10.31857/S2686738922600790
- 3) Черепанов Д.А., Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Малеева Ю.В., Гостев Ф.Е., Шелаев И.В., Айбуш А.В., Крицкий М.С., Надточенко В.А. Фемтосекундная динамика возбужденных состояний тетрамера хлорофилла в водорастворимом хлорофилл-связывающем белке BoWSCP // Биохимия. – 2023. – №. 10 (88). – С. 1908-1925. DOI: 10.31857/S0320972523100135
- 4) Cherepanov D.A., Milanovsky G.E., Neverov K.V., **Obukhov Yu.N.**, Maleeva Yu.V., Aybush A.V., Kritsky M.S., Nadtochenko V.A. Exciton interactions of chlorophyll tetramer in water-soluble chlorophyll-binding protein BoWSCP // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2024. – Т. 309 – С. 123847. DOI: 10.1016/j.saa.2024.123847
- 5) Neverov K.V., **Obukhov Yu.N.**, Kritsky M. S. Photooxidative Activity of Stress-Induced Plant Proteins of WSCP Family // Russian Journal of Plant Physiology. – 2025. – Т. 72. – №. 7. – С. 252-265. DOI: 10.1134/S1021443725603477

Материалы конференций

- 1) **Обухов Ю.Н.** Исследование свойств водорастворимых хлорофилл-связывающих белков растений // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2019» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс]. – М: МАКС Пресс, 2019. – ISBN 978-5-317-06100-5
- 2) **Обухов Ю.Н.**, Неверов К.В., Малеева Ю.В., Крицкий М.С. Получение и свойства водорастворимых хлорофилл-связывающих белков (WSCP) из *Brassica oleracea* и *Lepidium virginicum* // IX Съезд общества физиологов растений России «Физиология растений - основа создания растений будущего»: тезисы докладов, Казань, 18–24 сентября 2019 года. – Казань: Казанский университет, 2019. – С. 319. DOI:10.26907/978-5-00130-204-9-2019-319

3) **Обухов Ю.Н.**, Неверов К.В., Малеева Ю.В., Крицкий М.С. Исследование свойств водорастворимых хлорофилл-связывающих белков высших растений // Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ-2019: материалы XIV международной научной конференции, г. Москва, 21-24 ноября 2019 г. – Москва-Севастополь, 2019. – С. 123-124

4) **Обухов Ю.Н.**, Малеева Ю.В., Неверов К.В., Крицкий М.С. Водорастворимые хлорофилл-связывающие белки WSCP класса II: анализ разнообразия и филогенетического родства // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: Тезисы докладов международной научной конференции, Четырнадцатого съезда Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, 17–19 июня 2020 года. – Минск: Белорусский государственный университет, 2020. – С. 184.

5) **Обухов Ю.Н.**, Неверов К.В., Малеева Ю.В., Крицкий М.С. Водорастворимые хлорофилл-связывающие белки (WSCP) высших растений: получение и фотохимические свойства // Всероссийская научная конференция с международным участием и школа для молодых ученых «Экспериментальная биология растений и биотехнология: история и взгляд в будущее». Годичное собрание общества физиологов растений России. Материалы докладов. (Москва, 27 сентября – 1 октября 2021г.) – Москва, 2021г. - С. 98.

6) Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Малеева Ю.В., Крицкий М.С. Димер хлорофилла в белках семейства WSCP - фотосенсибилизатор окисления доноров электрона // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем. К 100-летию белорусской академической науки: Тезисы докладов международной научной конференции, Пятнадцатого съезда Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, 15–17 июня 2022 года / Редколлегия: И.Д. Волотовский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Белорусский государственный университет, 2022. – С. 36

7) Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Малеева Ю.В., Крицкий М.С. Димеры хлорофилла в белках семейства WSCP - фотосенсибилизаторы редокс-реакций // Сборник научных трудов VII Съезда биофизиков России: Сборник материалов съезда. В 2-х томах, Краснодар, 17–23 апреля 2023 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2023. – С. 380.

8) Черепанов Д.А., Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Гостев Ф.Е., Шелаев И.В., Айбуш А.В., Крицкий М.С. Изучение динамики возбужденных состояний хлорофилла в водорастворимом хлорофилл-связывающем белке BoWSCP методом фемтосекундной pump-probe спектроскопии // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: Тезисы докладов 16-й Международной научной конференции, Минск, 25–27 июня 2024 года. – Минск: Белорусский государственный университет, 2024. – С. 351.

9) Черепанов Д.А., Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Гостев Ф.Е., Шелаев И.В., Айбуш А.В., Крицкий М.С. Фемтосекундная динамика возбужденных состояний хлорофилла в водорастворимом хлорофилл-связывающем белке BoWSCP // I региональное собрание РФО и Всероссийская конференция с международным участием «Современные проблемы фотобиологии и биофотоники» Сборник тезисов. Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2024. – С. 101-102.

10) Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Крицкий М.С. Фотовосстановление цитохрома c, сенсибилизированное димерами хлорофилла в составе белков семейства WSCP // «Фотосинтез: современное понимание ключевого процесса биосферы». Сборник тезисов. – Пушкино, 2025. – С 22.

11) Черепанов Д.А., Милановский Г.Е., Неверов К.В., **Обухов Ю.Н.**, Гостев Ф.Е., Шелаев И.В., Айбуш А.В., Крицкий М.С., Надточенко В.А. Исследование динамики возбужденных состояний хлорофилла в водорастворимом белке BoWSCP методом фемтосекундной спектроскопии // «Фотосинтез: современное понимание ключевого процесса биосферы». Сборник тезисов. – Пушкино, 2025. – С 87.

Рекомендуемые оппоненты:

Фрайкин Григорий Яковлевич, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник проблемной лаборатории космической биологии кафедры биофизики Биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Борисова Мария Мансуровна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией фотосинтетического электронного транспорта Института фундаментальных проблем биологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пушинский научный центр биологических исследований» Российской академии наук».

Рекомендуемая ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук».

Диссертационная работы Обухова Юрия Николаевича «Исследование фотохимических свойств водорастворимых хлорофилл-связывающих белков семейства WSCP» на основании проведенного семинара рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.4. Биохимия.

Заключение принято на заседании совместного семинара лабораторий биохимии азотфиксации и метаболизма азота, экологической и эволюционной биохимии, биоэнергетики, иммунобиохимии, структурной биохимии белка, физической биохимии Института биохимии им. А.Н. Баха Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» путём открытого голосования. Присутствовало на семинаре – 21 чел. Результаты голосования: «за» – 21 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол заседания совместного семинара лабораторий №1 от 26.11.2025 г.

Председатель совместного семинара лабораторий:
заведующий лабораторией
биохимии азотфиксации и метаболизма азота,
доктор биологических наук

Секретарь:

Старший научный сотрудник
лаборатории экологической и эволюционной биохимии,
кандидат биологических наук

28.08.2026



Топунов А.Ф.

Гесслер Н.Н.

